

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019123

International filing date: 21 December 2004 (21.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-425600
Filing date: 22 December 2003 (22.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 24 February 2005 (24.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

24.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年12月22日

出願番号
Application Number: 特願2003-425600

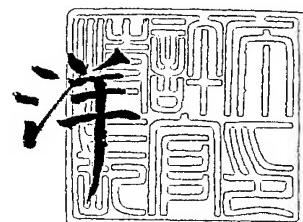
[ST. 10/C]: [JP2003-425600]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2005年 2月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2032450232
【提出日】 平成15年12月22日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/37
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 水内 公典
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 山本 和久
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 笠澄 研一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 木戸口 熱
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100081813
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 早瀬 憲一
 【電話番号】 06(6395)3251
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013527
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9600402

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

基板上に、リッジ型クラッド層を有する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、

該半導体レーザ素子はキャリアを注入するためのストライプ構造を有しており、
該ストライプは、長さ方向に2つ以上の電極を備えるとともに、

該各電極間には分離抵抗部が形成されており、

レーザ光が出射される共振器の前方端面近傍の電極に注入される電流密度が他の電極に
注入される電流密度より大きく、

前記前方端面の反射率が、反対側に位置する後方端面の反射率よりも低い、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】

請求項1に記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、II-V族窒化物系半導体材料からなる、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】

請求項1に記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、AlGaAs系半導体材料からなる、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】

請求項1に記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、AlGaNP系半導体材料からなる、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】

請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、前記ストライプの端面近傍に窓領域を有する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】

請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、高周波重畠された電圧
が印加される、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】

請求項6に記載の半導体レーザ装置において、

前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記後方端面近傍の電極である、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】

請求項6に記載の半導体レーザ装置において、

前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記前方端面近傍の電極である、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】

請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、変調された電流を印加
する、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項10】

請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子は、レーザ光が出射される共振器の前方端面でのストライプの幅
が、反対側に位置する後方端面でのストライプの幅よりも広い、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項11】

請求項10に記載の半導体レーザ装置において、

前記ストライプ幅W_xは、前記前方端面からの距離をx、該前方端面でのストライプ幅をW_f、前記後方端面でのストライプの幅をW_rとすると、

$$W_x = W_f - (W_f - W_r) \cdot x / L$$

により決定される、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項12】

請求項11に記載の半導体レーザ装置において、

前記前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比は、

$$1 < (\text{前方端面でのストライプの幅}) / (\text{後方端面でのストライプの幅}) < 2$$

を満たす、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項13】

請求項1ないし12のいずれかに記載の半導体レーザ素子を同一の基板上に複数個備え、

該半導体レーザ素子同士の間に分離抵抗部を設けた、

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項14】

請求項13記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なる波長で発振する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項15】

請求項13記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子の少なくとも1つを他とは異なる注入電流で駆動する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項16】

請求項13記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なるストライプ幅を有する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項17】

請求項2に記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザの発振波長が430～455nmである、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項18】

請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルがマルチモードになっている

ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項19】

請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルが1nm以上広がっている、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項20】

請求項1ないし19のいずれかに記載の半導体レーザ装置と、

該半導体レーザ装置からの出力を投射する光学系と、
を備えたことを特徴とするレーザ投射装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体レーザ装置およびレーザ投射装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、安定して高出力で動作する半導体レーザ装置、特にIII-V族窒化物系半導体材料を用いた半導体レーザ装置およびこれを用いたレーザ投射装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

窒化ガリウムをはじめとするIII-V族窒化物系半導体材料 ($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$; ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) からなる半導体レーザは、光ディスクによる超高密度記録を実現するためのキーデバイスであり、現在、実用レベルに最も近い青紫色半導体レーザである。この青紫色半導体レーザの高出力化は、光ディスクの高速書き込みを可能にするのみならず、光源としてスペクトル幅の狭いレーザ光を用い鮮やかな色表現が可能なレーザディスプレイへの応用など、新たな技術分野の開拓に必須の技術である。

【0003】

図8は絶縁膜を用いて電流狭窄構造を形成する代表的な半導体レーザの一例を示す模式図である。

図において、101はn型GaN基板、102はn型AlGaNクラッド層、103はn型GaN光ガイド層、104はInGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層、105はアンドープGaNキャップ層、106はp型GaN光ガイド層であり、これらn型AlGaNクラッド層102ないしp型GaN光ガイド層106はこの順でn型GaN基板101の上面に積層されている。

【0004】

107はp型GaN光ガイド層106の上面に積層されたp型AlGaNクラッド層であり、その上面には長さ方向に頂上部が延在する台形状の凸形状が形成されたリッジ型クラッド層となっている。108はこの凸形状の頂上部の上面に形成されたp型GaNコンタクト層、110はp型AlGaNクラッド層107およびp型GaNコンタクト層108上を覆うように形成された絶縁層、115はこの絶縁層110上に形成されたp電極である。

【0005】

一方、n型GaN基板101の下面にはn電極116が形成されている。

この従来の半導体レーザは、導電性のp型AlGaNクラッド層107が有するストライプ構造が電流狭窄構造として機能するものである。

【0006】

このような半導体レーザをレーザディスプレイの光源に使用可能とするには、100mW～数Wの高出力特性が要求される。一方、レーザディスプレイの光源用の半導体レーザには、光ディスクのピックアップに要求される回折限界の集光特性は必要とされない。このため、レーザ構造はワイドストライプ構造でもよく、高効率で高出力なレーザ特性が必要となる。半導体レーザの高出力化には活性層内のキャリア密度の増大が必要となる。

【0007】

一般にストライプの幅は共振器全体で一様である。電極から注入される電流の増加にともなって活性層内のキャリア密度が上昇し、その値が一定のしきい値キャリア密度に達するとレーザ発振が得られる。レーザの光出力は、しきい値電流以上では活性層に注入されるキャリア密度に比例して増大する。しかしながら、活性層内部のキャリア密度が高すぎる場合、空間的ホールバーニングによる利得飽和による光出力の飽和が生じ、高光出力動作が阻害される。またワイドストライプレーザにおいては導波光の横モードに関してはマルチモード状態の発振のためキンクは発生しないが、空間ホールバーニングによる空間の利得飽和によって横モードの形状が大きく変化し不安定になる。レーザディスプレイ用の光源においては、光の集光特性は回折限界までの特性は要求されないが、横モードが低い

周波数で変化するとディスプレイの輝度が時間的に変化するため輝度、色、コントラストが正確に再現できないという問題が発生する。

【0008】

空間的なホールバーニングによる横モードの変化を抑圧する対策のひとつは、ストライプの幅を狭くすることである。リッジ部の幅が狭くなるにつれて、活性層に注入されるキャリアの分布、および活性層で誘起される光の強度分布の横方向への拡がりが相対的に狭められ、空間的なホールバーニングに起因する横モードの発生が抑制される。

【0009】

しかしながら、ストライプの幅を共振器全体で一様に狭くすることは素子の直列抵抗を増加させ、素子の駆動電圧は上昇する。特に窒化物系半導体レーザの信頼性は、駆動電圧および駆動電流に大きく依存することが知られており、駆動電圧の上昇はできる限り抑制されなければならない。さらにストライプ幅を狭めると、導波路内の光密度が大きくなるため、100mW以上の高出力特性を実現するのが難しくなる。

【0010】

これらの課題に対して、特許文献1で開示されている半導体レーザのレーザ構造では、共振器の中央部から共振器の両端面方向に向かってストライプの幅が減少するテープ領域を形成する。この構造は、ストライプの幅を一様に狭くする従来型のレーザ構造と比べて、素子の駆動電圧を過度に上昇させることなく、安定な横モードでのレーザ発振を提供できるとしている。

【0011】

また、特許文献2に開示されている半導体レーザ装置のレーザ構造では、共振器の軸方向に電極を分割し、光の強度分布に比例した形状に注入電流分布形状を制御することにより、安定した横モード動作と作製歩留まり向上を図っている。この構造では、電界強度分布が最も高くなるレーザの中央部分での電流密度を他の部分より高くすることで、安定な横モード動作のレーザを提供できるとしている。

【0012】

また、非特許文献1には、共振器端面の反射率を非対称とする方法が半導体レーザの高出力化に有効であることが記載されている。光ディスクの書き込みに用いられる半導体レーザでは一般的な方法である。この方法は、共振器を形成する端面を誘電体膜でコーティングすることで端面の反射率を非対称にする方法で、共振器を形成する端面のうち、レーザ光が出射する共振器の前方端面を低反射率に、また、その反対側の後方端面の反射率を高反射率とする（例えば前方端面10%、後方端面90%）。誘電体多層膜の反射率は、用いる誘電体の屈折率、層厚、および積層する層数によって制御することができる。

【特許文献1】特開2000-357842号公報（第5頁—第7頁 図1）

【特許文献2】特許第1862544号公報（第2頁—第3頁 図2）

【非特許文献1】伊賀健一編著、「半導体レーザ」、第1版、株式会社オーム社、平成6年10月25日、p. 238

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、共振器を形成する前方端面と後方端面との反射率が非対称である場合、半導体レーザ内部では、共振器の軸方向の光強度分布に大きな偏りを生じる。図9は図8に示した従来の半導体レーザにおける共振器の軸方向光強度分布の一例を示す。この図9に示されるように、前方端面と後方端面の反射率がともに20%である場合、前方端面と後方端面での光強度は同じとなる。一方、前方端面の反射率が10%、後方端面の反射率が90%である場合、前方端面での光強度は後方端面での光強度と比べて約2倍高い。

【0.014】

図8に示したストライプの幅が共振器全体で一定である従来型のレーザ構造では、活性層に注入されるキャリア密度は、共振器の軸方向で一様となる。したがって、前方端面と後方端面の反射率が非対称となるようにコーティングされている半導体レーザでは、前方

端面と後方端面とでは光強度分布には大きな偏りがあるにもかかわらず、活性層に注入されるキャリア密度は一様という状態が発生する。すなわち、後方端面付近で活性層内のキャリア密度が過剰な状態となり、キンク、あるいは利得飽和の発生が懸念される。この現象は、AlGaAs系半導体材料 ($Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)) からなる赤外半導体レーザに比べ、しきいキャリア密度が高い傾向にあるAlGaN系半導体材料 ($Al_xG_{ay}In_{1-x-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)) からなる赤色半導体レーザや、GaN系半導体材料 ($Al_xG_{ay}In_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)) からなる青色半導体レーザで顕著となる。中でも、微分利得が最も高い青色半導体レーザではその傾向が著しい。

【0015】

特許文献1で開示されている窒化物系半導体レーザの構造では、ストライプの幅を共振器中央部から共振器の前方端面および後方端面に向かって減少させることで、横モードの安定化が図られるとしている。しかしながら、共振器端面の反射率が前方端面と後方端面とで大きく異なる場合、前記構造では、前方端面と後方端面との光強度分布と注入キャリア密度分布のアンバランスな状態は解消されず、注入キャリア密度が過剰な領域が形成されやすくなり、これを避けるのは困難である。

【0016】

特許文献2で開示されている構成では、活性層内の光の強度分布に従い電流密度分布を変えるため、電極を分割構造にしている。しかしながら、共振器端面の反射率が前方端面と後方端面で大きく異なる場合、前記構造では、前方端面と後方端面との光強度分布と注入キャリア密度分布のアンバランスな状態は解消されず、注入キャリア密度が過剰な領域が形成されやすくなり、これを避けるのは困難である。

【0017】

本発明は、前記従来の問題を解決し、さらに、安定した横モードでレーザ発振する半導体レーザ装置を提供することを目的とする。さらに、レーザディスプレイ用の半導体レーザとして、安定した横モードと高出力特性に優れたワイドストライプの半導体レーザ装置を実現することを目的とする。さらには、これら半導体レーザ装置を有するレーザ投射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

前記の目的を達成するために、本発明の請求項1に係る半導体レーザ装置は、基板上に、リッジ型クラッド層を有する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、該半導体レーザ素子はキャリアを注入するためのストライプ構造を有しており、該ストライプは、長さ方向に2つ以上の電極を備えるとともに、該各電極間には分離抵抗部が形成されており、レーザ光が出射される共振器の前方端面近傍の電極に注入される電流密度が他の電極に注入される電流密度よりも大きく、前記前方端面の反射率が、反対側に位置する後方端面の反射率よりも低いことを特徴とするものである。

【0019】

また、本発明の請求項2に係る半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、III-V族窒化物系半導体材料からなることを特徴とするものである。

【0020】

また、本発明の請求項3に係る半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、AlGaAs系半導体材料からなることを特徴とするものである。

【0021】

また、本発明の請求項4に係る半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、AlGnP系半導体材料からなることを特徴とするものである。

【0022】

また、本発明の請求項5に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記ストライプの端面近傍に窓領域を有することを特徴とするものである。

【0023】

また、本発明の請求項6に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、高周波重畠された電圧が印加されることを特徴とするものである。

【0024】

また、本発明の請求項7に係る半導体レーザ装置は、請求項6に記載の半導体レーザ装置において、前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記後方端面近傍の電極であることを特徴とするものである。

【0025】

また、本発明の請求項8に係る半導体レーザ装置は、請求項6に記載の半導体レーザ装置において、前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記前方端面近傍の電極であることを特徴とするものである。

【0026】

また、本発明の請求項9に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、変調された電流を印加することを特徴とするものである。

【0027】

また、本発明の請求項10に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、レーザ光が射出される共振器の前方端面でのストライプの幅が、反対側に位置する後方端面でのストライプの幅よりも広いことを特徴とするものである。

【0028】

また、本発明の請求項11に係る半導体レーザ装置は、請求項10に記載の半導体レーザ装置において、前記ストライプ幅W_xは、前記前方端面からの距離をx、該前方端面でのストライプ幅をW_f、前記後方端面でのストライプの幅をW_rとすると、W_x=W_f-(W_f-W_r)·x/Lにより決定されることを特徴とするものである。

【0029】

また、本発明の請求項12に係る半導体レーザ装置は、請求項11に記載の半導体レーザ装置において、前記前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅との比は、1<(前方端面でのストライプの幅)／(後方端面でのストライプの幅)<2を満たすことを特徴とするものである。

【0030】

また、本発明の請求項13に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし12のいずれかに記載の半導体レーザ素子を同一の基板上に複数個備え、該半導体レーザ素子同士の間に分離抵抗部を設けたことを特徴とするものである。

【0031】

また、本発明の請求項14に係る半導体レーザ装置は、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なる波長で発振することを特徴とするものである。

【0032】

また、本発明の請求項15に係る半導体レーザ装置は、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つを他とは異なる注入電流で駆動することを特徴とするものである。

【0033】

また、本発明の請求項16に係る半導体レーザ装置は、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なるストライプ幅を有することを特徴とするものである。

【0034】

また、本発明の請求項17に係る半導体レーザ装置は、請求項2に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザの発振波長が430～455nmであることを特徴とするものである。

【0035】

また、本発明の請求項18に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルがマルチモードになっていることを特徴とするものである。

【0036】

また、本発明の請求項19に係る半導体レーザ装置は、請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルが1nm以上広がっていることを特徴とするものである。

【0037】

また、本発明の請求項20に係るレーザ投射装置は、請求項1ないし19のいずれかに記載の半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置からの出力を投射する光学系とを備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】**【0038】**

本発明の請求項1に係る半導体レーザ装置によれば、基板上に、リッジ型クラッド層を有する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、該半導体レーザ素子はキャリアを注入するためのストライプ構造を有しており、該ストライプは、長さ方向に2つ以上の電極を備えるとともに、該各電極間には分離抵抗部が形成されており、レーザ光が射出される共振器の前方端面近傍の電極に注入される電流密度が他の電極に注入される電流密度より大きく、前記前方端面の反射率が、反対側に位置する後方端面の反射率よりも低いものとしたので、本発明の電極分割構造によれば、非対称な端面反射率を有する半導体レーザにおけるレーザ内部の光強度分布に近いキャリア分布を実現できる。非対称の端面反射率を構成することで半導体レーザの高出力化が図れ、この際に乘じるキャリア密度と光強度分布とのミスマッチを電極の分割構造によって解消することが可能となる。また、このような構成によって、キャリア密度を制御することで非対称な光強度分布における利得の飽和を緩和し、大出力においても安定な横モードの半導体レーザを実現することが可能となる効果がある。

【0039】

また、本発明の請求項2に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、III-V族窒化物系半導体材料からなるものとしたので、特に共振器の後方端面において活性層のキャリア密度が過剰な状態になり、キンクあるいは利得飽和の状態になりやすい青色半導体レーザにおいて、光密度に応じたキャリアの注入が可能になり、大出力化に対応できる効果がある。

【0040】

また、本発明の請求項3に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、AlGaAs系半導体材料からなるものとしたので、赤外半導体レーザにおいて、光密度に応じたキャリアの注入が可能になり、大出力化に対応できる効果がある。

【0041】

また、本発明の請求項4に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、AlGaN系半導体材料からなるものとしたので、特に共振器の後方端面において活性層のキャリア密度が過剰な状態になり、キンクあるいは利得飽和の状態になりやすい赤色半導体レーザにおいて、光密度に応じたキャリアの注入が可能になり、大出力化に対応できる効果がある。

【0042】

また、本発明の請求項5に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし4のいずれ

かに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記ストライプの端面近傍に窓領域を有するものとしたので、高出力化を図った場合の端面破壊によるレーザの信頼性の低下を防止できる効果がある。

【0043】

また、本発明の請求項6に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、高周波重畠された電圧が印加されるものとしたので、光のコヒーレンスを低減することで戻り光ノイズを抑えるために高周波を重畠する際に、その重畠する高周波のパワーを少なく抑えることが可能となる効果がある。

【0044】

また、本発明の請求項7に係る半導体レーザ装置によれば、請求項6に記載の半導体レーザ装置において、前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記後方端面近傍の電極であるものとしたので、光のコヒーレンスを低減することで戻り光ノイズを抑えるために高周波を重畠する際に、その重畠する高周波のパワーをより一層抑えることが可能となる効果がある。

【0045】

また、本発明の請求項8に係る半導体レーザ装置によれば、請求項6に記載の半導体レーザ装置において、前記高周波重畠された電圧が印加される電極は、前記前端面近傍の電極であるものとしたので、戻り光ノイズの低減と共にスパイクノイズを抑えることも可能となる効果がある。

【0046】

また、本発明の請求項9に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、前記複数の電極の少なくとも一つに、変調された電流を印加するものとしたので、レーザ光のチャーピングを抑えることが可能となる効果がある。

【0047】

また、本発明の請求項10に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし8のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子は、レーザ光が出射される共振器の前方端面でのストライプの幅が、反対側に位置する後方端面でのストライプの幅よりも広いものとしたので、出射端面近傍における光のパワー密度を低減でき、半導体レーザの信頼性を向上できる効果がある。

【0048】

また、本発明の請求項11に係る半導体レーザ装置によれば、請求項10に記載の半導体レーザ装置において、前記ストライプ幅W_xは、前記前方端面からの距離をx、該前方端面でのストライプ幅をW_f、前記後方端面でのストライプの幅をW_rとすると、W_x=W_f-(W_f-W_r)·x/Lにより決定されるものとしたので、出射端面近傍における光のパワー密度を低減でき、半導体レーザの信頼性を向上できる効果がある。

【0049】

また、本発明の請求項12に係る半導体レーザ装置によれば、請求項11に記載の半導体レーザ装置において、前記前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比は、1<(前方端面でのストライプの幅)/(後方端面でのストライプの幅)<2を満たすものとしたので、散乱損失を増大させることなく、出射端面近傍における光のパワー密度を低減でき、半導体レーザの信頼性を向上できる効果がある。

【0050】

また、本発明の請求項13に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし12のいずれかに記載の半導体レーザ素子を同一の基板上に複数個備え、該半導体レーザ素子同士の間に分離抵抗部を設けたので、その大出力化が可能となる効果がある。

【0051】

また、本発明の請求項14に係る半導体レーザ装置によれば、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なる波長で発振

するものとしたので、スペクトルが広がり、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる効果がある。

【0052】

また、本発明の請求項15に係る半導体レーザ装置によれば、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つを他とは異なる注入電流で駆動するようにしたので、スペクトルが広がり、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる効果がある。

【0053】

また、本発明の請求項16に係る半導体レーザ装置によれば、請求項13記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の少なくとも1つが他とは異なるストライプ幅を有するものとしたので、スペクトルが広がり、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる効果がある。

【0054】

また、本発明の請求項17に係る半導体レーザ装置は、請求項2に記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザの発振波長が $430\text{~}455\text{ nm}$ であるものとしたので、青色半導体レーザにおいて、光密度に応じたキャリアの注入が可能になり、大出力化に対応できる効果がある。

【0055】

また、本発明の請求項18に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルがマルチモードになっているものとしたので、レーザ光のコヒーレンスを低減でき、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる効果がある。

【0056】

また、本発明の請求項19に係る半導体レーザ装置によれば、請求項1ないし17のいずれかに記載の半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子からの出射光の縦モードスペクトルが 1 nm 以上広がっているものとしたので、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる効果がある。

【0057】

また、本発明の請求項20に係るレーザ投射装置は、請求項1ないし19のいずれかに記載の半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置からの出力を投射する光学系とを備えたものとしたので、高出力のレーザ光を取り出すことが可能であり、信頼性の低下を防止でき、戻り光ノイズの低減やその際投入する高周波の停電力化、スパイクノイズの低減やチャーピングの低減、スペックルノイズの低減やレーザディスプレイに必要な大出力化を達成できる半導体レーザを光源として有するレーザ投射装置が得られる効果がある。

【0058】

このように、本発明によれば、分割された電極構造を利用して活性層へのキャリア注入を、半導体レーザ内部の共振器方向の光強度分布に応じて制御することができる。本発明によるレーザ構造では、リッジ部の底部の幅が一定である従来構造、あるいは特許文献1で開示されているレーザ構造と比べて、同じ注入電流値であっても、前方端面付近の電極により多くのキャリアが注入できる。また、後方端面付近で活性層内のキャリア密度が極端に高くなる現象が緩和される。この結果、スロープ効率の向上が図られ、注入キャリア密度の低減、および光出力の飽和レベルの向上が実現される。このリッジ部の形状制御による高光出力化の効果は、しきい値キャリア密度が高く、微分利得の高い窒化ガリウム系の半導体レーザにおいて特に有効である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0059】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態に係る半導体レーザ装置を詳細に説明する。
(実施の形態1)

この実施の形態1は、ストライプ構造を有する半導体レーザの電極を分割してその間に

分離抵抗部を設け、レーザー光を出射する側の端面近傍の電極に注入する電流密度を他の端面に注入される電流密度よりも大きくすることで、半導体レーザーを光ピックアップやレーザーディスプレイの光源として使用する際の大出力化に対応できるようにしたものである。

【0060】

まず、本実施の形態1における半導体レーザ装置の電極構造について説明する前に、本発明の各実施の形態において使用可能な半導体レーザ素子の構造の例を示す。

【0061】

図3は本発明の実施の形態において使用する窒化物半導体レーザ素子の構造を示し、共振器に垂直な方向の断面図を示す。図3に示した半導体レーザ素子は、n型GaN基板の101上面に、n型AlGaNからなるn型クラッド層102、n型GaNからなる光ガイド層103、InGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層104、アンドープGaNからなるキャップ層105、p型GaNからなる光ガイド層106、p型AlGaNからなるp型クラッド層107、p型GaNからなるコンタクト層108、pメタル層109、絶縁層110、p電極115、およびn電極116を有する。

【0062】

絶縁膜110は台形状の凸部であるストライプ構造117の上面を除く素子の上面を被覆している。ストライプ構造117の上面を含む素子の上面にはp電極115が形成されており、p電極115はストライプ構造117の上面でのみpメタル層109と接する。また、n型GaN基板101の下面にはn電極116が形成されている。

【0063】

上記レーザ素子の製造方法は以下の通りである。有機金属化学気相成長法(MOCVD法)でn型GaN基板101上に、n型AlGaNクラッド層102、n型GaN光ガイド層103、InGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層104、アンドープGaNキャップ層105、p型GaN光ガイド層106、p型AlGaNクラッド層107、およびp型GaNコンタクト層108を連続成長する。

【0064】

ドライエッチングにより、p型AlGaNクラッド層107、およびp型GaNコンタクト層108をリッジ形状に加工してストライプ構造117を形成した後、ストライプ構造117の上面が開口となるように素子上面部を絶縁膜で被覆し、pメタル層109を選択的に形成した後、p電極115、n電極116を順次形成する。

【0065】

本実施の形態1では、素子の共振器長、チップ幅、および厚みはそれぞれ $600\mu m$ 、 $400\mu m$ 、および $80\mu m$ とした。素子の共振器端面は誘電体膜によりコーティングし、レーザ光が出射される前方端面、およびその反対側の後方端面の反射率はそれぞれ10%、90%とした。

【0066】

図1は本発明の実施の形態1による窒化物半導体レーザ装置を示し、その電極構造であるストライプ構造117の上部斜視図を示す。ストライプ10(図3の117に対応)上に設けられた電極は第1の電極1、第2の電極2、第3の電極3、第4の電極4と複数に分割されており、各電極間には、分離抵抗部7が形成されている。分離抵抗部7は、図3におけるp型GaNからなるコンタクト層108、pメタル層109とp型AlGaNクラッド層107の一部をドライエッチングでエッチングして形成される。分離抵抗部にはさらに電流ブロック層を加えることで抵抗分離をより大きくすることも可能である。そして各電極1、2、3、4に注入される電流をI1、I2、I3、I4とすると、これらの間に $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ の関係が成り立つように、即ち、レーザ光LBの出射面6側の電極の方が後面5側の電極よりも注入電流が大きくなるように電源11、12、13、14を設定している。

【0067】

この分離抵抗部分は電極間での電流の回り込みを防止するために設けたものであり、ス

トライプ幅は約 $50\mu\text{m}$ 、ストライプ長さは 1mm である。また、半導体レーザの入出力端面近傍には窓構造を設けるのが好ましい。窓構造を設けることで、高出力レーザの場合、端面破壊によるレーザ信頼性の低下を防止できる。端面窓構造は端面近傍の活性層を非アクティブにすることで形成できる。さらに窓構造のp型クラッド層の上部には電流プロック層を設けて、活性層近傍に電流が流れないように構成されている。

【0068】

この構造における特徴は、高い出力のレーザ光を取り出すことが可能な点である。

光ディスク用の高速書き込み、ディスプレイ用光源等への応用には 100mW 以上の高出力特性が要求される。これを実現するには、レーザ端面反射率の非対称性が有効である。光の端面反射率を非対称にすることで、図2(a)に示すように、低反射率側の端面近傍での光のパワー密度の増大が図れ、高出力特性が実現できる。ところが、高いパワーを得るために注入電流を大きくすると、後面近傍の片端面部での光密度が増大し、軸方向のホールバーニングの発生による利得の低下や横モードの不安定性の発生を引き起こし、出力の低下や不安定性の原因となる。一方、出射面近傍では、光のパワー密度の増大による注入キャリア不足が発生する。後面と出斜面におけるキャリア密度を光の強度にあわせて分布させることで、高出力時の安定した出力が得られる。これを実現するため、本実施の形態1では、光のパワー密度分布に合わせて、電流の注入密度を制御する電極分割構造を提案する。例えば図2(b)に示すように電極に注入する電流を $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ とすることで、光密度の分布にあわせたキャリアの注入が可能になる。特に、出力端面近傍の電極における電流密度の増大が有効である。

【0069】

また、分割電極の構造であるが、分割数は2つ以上が望ましく、さらに3~4に分割するのがより望ましい。注入電流の強度分布は図2(a)の光のパワー密度分布に従って構成されるのが望ましい。従って、図2(b)の電極の断面図と光のパワー密度分布に示したように、4分割の電極構造の場合、光のパワー密度分布に合わせて注入電流強度を分布させることが好ましい。図2(c)に示した3分割構造の場合、光のパワー分布に合わせて後面に近い方の電極を長くしている。この場合も出射端面に近い電極が最も注入電流密度が高くなるように設計している。分割数が2の場合は、図2(a)の光のパワー密度に合わせて、出射近傍の電極の長さをもう一方の電極の長さより短くし、同時に出射部近傍の電極における電流密度を高くすることで、注入電流密度をキャリアの分布を光のパワー密度分布に近いものにすることができる。ホールバーニングによる横モード不安定化の発生は出射近傍のパワー密度の高い部分で発生しやすいので、2電極構造でもその発生を大幅に抑圧でき高出力化が可能となる。電極を3つ以上に分割すると電流密度を光のパワー密度の分布により近い構成にできるためより有効である。ただし、分割数が6つになると電極と分離抵抗部の長さを合わせた全体のレーザの長さが大きくなるので、歩留まりの点からはあまり望ましくない。

【0070】

半導体レーザの出射面、後面の非対称な反射率は高出力特性に重要である。出射面の反射率を低減することで、図2(a)の光パワー密度分布が実現され高出力の光を効率よく取り出せる。高出力特性を実現するには、出射面の反射率は1~20%、後面の反射率は60~100%にするのが好ましい。さらに好ましくは出射面の反射率は3~10%、後面の反射率は80~100%にするのが好ましい。最も高出力な特性が実現できたのは出射面の反射率 $5 \pm 2\%$ 、後面の反射率を $95 \pm 5\%$ に制御したときであった。

【0071】

また、他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaN系半導体材料であっても、分割した電極の構成によって安定した高出力特性を有する半導体を得ることも可能である。

【0072】

次に、本実施の形態1による半導体レーザにおける戻り光によるノイズ発生防止機構について説明する。戻り光ノイズとは、半導体レーザが出射した光が活性層に帰還すること

でノイズが大幅に増大する現象である。これを防止するため、光のコヒーレンスを低減する方法がとられている。そのひとつとして、高周波重畠（駆動電流に数100MHz程度のRF信号を重畠する方法）がある。ところが高出力レーザにおいては駆動電流が増大するため、必要なRFパワーが大幅に増大するという問題があった。RFパワーが増大すると消費電力の増大、放熱対策、放射対策等システム全体のコストが大幅に増大する。

【0073】

これに対し、本実施の形態1による半導体レーザの構造は、高出力レーザにおける高周波重畠の問題を解決できる有力な方法である。

【0074】

高周波重畠は、半導体レーザのキャリア密度の状態を変化させることで、光の発振状態を時間的に変化させ時間的コヒーレンスを低下させる方法である。従って、注入されるキャリア密度に対する変化率の大きさが重要である。従来の単一電極構造においては、注入される電流は電極全体に分散するため、キャリア密度を大きく変化させるには注入する電流に対して高周波で変化させる電流の割合を大きくとる必要があり、高周波重畠のRF振幅が大きくなっていた。

【0075】

こうした問題を解決するために、図1の構成の半導体レーザ装置において、一部の電極にのみRF重畠を行う構成を提案する。

図1(b)はその一例を示すもので、電極3, 4のみに対し高周波電源23, 24を設けて高周波重畠を行っている。

【0076】

本実施の形態1の構造では、電極を分割しているため、各電極における電流は大幅に低下する。一部の電極に注入する電流にRF重畠する場合の電流振幅は単一電極の場合に対して何分の1かに低減可能となるため、高周波重畠のパワーを大幅に低減できる。一部の電極に高周波を重畠した場合にも電極下のキャリア密度の変動は十分得られるため共振器全体の発振状態が変化して時間的コヒーレンスを下げることができる。さらに、本発明が対象とするところのハイパワーレーザにおいて、図2(a)に示すように、高出力を得るには、出力近傍の電極に高電流を注入する必要があるが、後端面側の電極には光のパワー密度にあわせて低い電流密度しか必要としない。このため、後端面近傍の電極に注入する電流にRFを重畠すると、低いRFパワーで効率良くコヒーレンスの低下が起り、システムの小型、低コスト化、低消費電力化が可能となる。

【0077】

また、この構造はGaNレーザに特に有効である。GaN基板をベースとする半導体レーザは、緩和振動が大きく高周波重畠を行うと、スパイクノイズが発生する。これは、半導体レーザへ注入する電流を高周波で変調すると緩和振動により出力光波形がスパイク状に変化し、変調度の何倍も高いパルス出力が発生する現象である。GaNレーザを用いた光ディスクシステムの場合、光ディスクの再生時に戻り光によりレーザのノイズが増大するのを防止するためレーザに数100MHzの高周波を重畠する。ところが、再生時の平均パワーが低い状態でも、尖塔値の高いスパイク状の出力がでているため、これが原因となって、再生時に記録したデータが劣化する再生光劣化の問題が発生する。これに対して、電極を分割して一部の電極に100mA程度の高周波を重畠する構成では、レーザの戻り光ノイズを低減した状態で、スパイク状出力の尖塔値を半分以下に大幅に低減できることが分かった。また、戻り光ノイズ低減のための高周波重畠の場合は、高周波を印加する電極としては出射端近傍の電極に印加する方が好ましい。戻り光の影響を最も受ける出射部近傍に高周波を印加することで戻り光ノイズを低減でき、同時にスパイクノイズは大幅に低減可能となる。従って、本構成は光ディスク装置等への応用に好ましい。また、その他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaN系半導体材料であっても、高周波重畠を効率よく印加することが可能である。

【0078】

さらに、図1の構成は半導体レーザの出力を変調する場合にも有効な役割を果たす。現

在、半導体レーザの出力を変調する場合、レーザ全体の注入電流を0～100%の間の所定の変調度で変調する。ところが、半導体レーザの注入電流を変化させると、消費電力により半導体レーザの温度が変化して発振波長が変動するチャーピング現象が発生する。チャーピングは発振波長の変動に影響する。例えば光ディスク等でメディアに記録を行う場合、光源を変調しながら記録するが、この際にチャーピングにより光源の波長が変動すると色収差の影響で集光スポットの大きさが変化する。この現象は光学系の分散特性が顕著になる短波長領域で特に顕著になる。これを防止するため、多電極に分割した図2の構成において、一部の電極に注入する電流を変調することで全体の出力を変調する方法を提案する。

【0079】

この方法によれば、半導体レーザ全体での電流値の変化が小さいのでチャーピングが数nm以下に収まるように小さくなり、特に光ディスクのピックアップの光源に応用して有効である。

【0080】

このように、本実施の形態1によれば、ストライプ構造を有する半導体レーザ素子の電極を複数に分割し、共振器の後方端面側の電極よりも前方端面側の電極の方が注入電流の電流密度が大きくなるようにしたので、キャリア密度を光の強度にあわせて増加でき、高出力のレーザ光を取り出すことが可能となる。

【0081】

また、高周波重畠を一部の電極のみに対して行うようにしたので、RFによるキャリア密度の変化を少ない電流振幅で実現でき、単一電極の場合に高出力レーザで戻り光ノイズを低減するために高周波を重畠する際にパワーが増大する、という問題を解決できる。

【0082】

そしてその高周波重畠を後方端面側の電極に対して行うことで、重畠する高周波の電流密度をより低減できる。

【0083】

また、その高周波重畠を前方端面側の電極に対して行うことで、戻り光ノイズの低減とスパイクノイズの低減とを併せて実現できる。

【0084】

さらに、一部の電極に注入する電流を変調することにより、チャーピングを抑えることが可能になる。

【0085】

なお、本実施の形態1の半導体レーザ装置における半導体レーザ素子としては、この図3の半導体レーザに代えて図8に示す従来の半導体レーザを使用することも可能である。

【0086】

(実施の形態2)

この実施の形態2は、実施の形態1による分割電極構造の半導体レーザ装置をレーザディスプレイの光源に応用する場合の半導体レーザの構成について述べる。

【0087】

レーザディスプレイは、RGBレーザ光を用いたディスプレイ装置であり、レーザ出力としては数100mWから数W以上の大出力が必要とされる。レーザディスプレイの場合、光に回折限界の集光特性は要求されない。従って、半導体レーザの横モードは単一モードである必要はない。そこで、ワイドストライプ構造の高出力半導体レーザを用いる。ワイドストライプの構造においても、導波路内での光のパワー分布に従って十分なキャリア密度の存在が必要であり、出射部近傍の光のパワー密度増大によるキャリア不足で横モードが不安定になり、高出力特性が劣化する問題が存在する。このため電極構造を分割して注入電流密度分布の最適化を図る構造が必要である。さらに、レーザディスプレイでは出力特性に加えて次の特性が要求される。

【0088】

(1) 波長の安定性、特に赤色レーザにおいては視感度の波長変化が大きいので、±1

n m以下に波長変化を抑える必要がある。

(2) スペックルノイズの低減のため、コヒーレンスの低減が重要であり、波長スペクトルを数n mに拡大する必要がある。

【0089】

この実施の形態2では、上記2点の問題を解決する半導体レーザの構成を提案するものである。

レーザ光により映像を表現する場合、レーザ出力強度を階調に合わせて変調する必要がある。このとき問題となるのが、出力強度と共に、モードの安定性と波長変化の問題である。

【0090】

即ち、レーザ光としては100mW以上から数mW以下の値まで変調する必要がある。ところが、レーザ波長が出力と共に変化するという問題がある。この問題を解決する方法として、図1に示した半導体レーザの構成において、分割した電極の一部を変調する方法は有効である。高出力レーザにおいては、高出力時と低出力時では駆動電流が大きく異なるため、レーザの温度の差により発振波長が大きく異なるチャーピングが発生する。これに対して、本発明の構成は電極を分割し、一部の電極における電流を変調することで出力変調が可能となる。これによって、注入電流の変化を低減し、波長変動の少ない安定な変調が可能となる。また横モードの安定化により階調度の増大が図れる。

【0091】

さらに、スペクトルノイズの低減のため、波長スペクトルの拡大について述べる。レーザディスプレイ光源としては、高出力特性を必要とするため、平均出力を100mW以上に保った状態での高周波重畠が必要となる。このため、通常の構成では数100mAの電流を注入した状態でこの電流に高周波重畠する必要があり、数100mAの電流振幅をもった高周波を印加する構成が必要となる。このため、非常に大きな消費電力とハイパワーの高周波回路、および外部放射の低減が必要となる。この問題を解決するために、図2の構成において、分割した電極の一部に注入する電流にRFを重畠することが有効となる。電極を分割することで電流を低減できる。さらに後端部においては、電流密度を低減できるため、注入電流を低減できる。

【0092】

以上の結果、注入電流に依存するRF重畠の振幅を大幅に低減することが可能となり、システムの簡易化、小型化、低消費電力化が実現する。

さらに、コヒーレンスをさらに低減してスペックルノイズを防止する効果を上げる方法を提案する。

【0093】

コヒーレンスの低下はスペクトル幅の拡大に比例する。スペクトル幅を大きく広げることでよりスペクトルノイズを低減できる。このためには、半導体レーザに加える高周波重畠のパワーを増大することが有効であるが、パワー増大によるスペクトル拡大は波長で数n m程度に限られる。これに対して、スペクトル幅をさらに拡大する方法として、異なる電極に異なる周波数の高周波を印加する方法を提案する。この方法によれば、例えば、周波数として500MHzと400MHzといった異なる周波数の高周波を電極に印加すると両電極間の発振状態の相対的な乱れが大きくなり、スペクトルの広がりが大きくなつた。

【0094】

この場合、周波数依存性があるが、1つの電極に印加する場合に比べて1.2~1.5倍にスペクトルの広がりが向上した。本発明の構成は100mW以上の高出力光のコヒーレンス低減に特に有効である。

【0095】

このように、本実施の形態2によれば、レーザディスプレイの光源に用いるワイドストライプ構造の半導体レーザにおいて、分割した電極の一部に注入する電流を変調することにより、波長変動の少ない安定した変調が可能となる。

【0096】

また、異なる電極に異なる周波数の高周波を重畠することにより、パワーを増加させることなくスペクトル幅を拡大でき、スペックルノイズを低減できる。

【0097】

(実施の形態3)

この実施の形態3は、半導体レーザ装置のストライプ構造のみをテープ状に形成することで、出射端面近傍における光のパワー密度を低減し、信頼性を増すようにしたものである。

【0098】

図4は本発明の実施の形態3に係る窒化物半導体レーザ素子のストライプ構造117上部からの上面図を示す。この実施の形態3における窒化物半導体レーザの断面図は図1と同様であるが、ストライプ構造のみテープ状に形成している。そして、ストライプ構造上に分割した電極が図1と同様に分割されている。図4では共振器全体におけるストライプ形状を明確にするために、絶縁層110、およびp電極115は図示を省略している。

【0099】

実施の形態1、2で示したように、電極を分割して注入電流の分布をストライプにおける光強度に合わせて分布させることで、半導体レーザの高出力化が可能となった。しかしながら、活性層内における光の強度分布は図3(a)に示した状況で、光のパワー密度 자체は変わっていない。このため、出力端近傍では、光のパワー密度はかなり高いレベルになり、信頼性が低下する。これを防止する方法として、ストライプ構造をテープ状にする構成を提案する。この構成によれば、ストライプ形状をテープ状にして出力近傍での導波路幅を増大させることで、電源が1つで済むとともに、光のパワー密度の低減が図れる。

【0100】

本発明の実施の形態3に係る窒化物半導体レーザ素子におけるストライプの幅 W_x は、前方端面からの距離を x とすると、

$$W_x = W_f - (W_f - W_r) \cdot x / L$$

とした。ここで、 W_f は前方端面でのストライプの幅、 W_r は後方端面でのストライプの幅、 L は共振器長である。本実施の形態3では、前方端面でのリッジ幅 W_f は $50\mu m$ 、後方端面でのリッジ幅 W_r を $50\mu m$ から $35\mu m$ と減少させることで、しきい値電流は減少し、スロープ効率は上昇した。ストライプ構造はレーザ光が出射する方向に向かって左右対称となるように形成されている。

【0101】

また、ストライプ形状を制御することにより、特性温度の点でも大幅な改善が見られた。後方端面でのストライプの幅が $50\mu m$ である従来型のレーザ構造では、連続発振動作時の横モードが不安定になるレベルは平均で $80mW$ であった。これに対して、後方端面でのストライプの幅を $35\mu m$ としたレーザ構造では、連続発振動作時の横モードが不安定になるのは平均で $200mW$ であり、高光出力動作時まで横モードでの安定したレーザ発振が実現された。さらに、電極を4分割構造として注入電流に分布を持たせた場合、横モードが不安定になるレベルを $300mW$ まで増大させるのに成功した。また、特性温度も $105K$ から $145K$ に上昇した。しきい値電流の低下からも明らかのように、活性層内のキャリア密度の低下により熱飽和レベルが向上した。

【0102】

このように、ストライプをテープ状にすることで光密度の均一化が図れる。しかしながら、ストライプ幅の増大は導波路のマルチ化および急激なテープによる伝搬損失の増大等が発生し、テープの広がりに限界がある。具体的には、後端部の幅に対して、出射部の幅を2倍以上にするのは難しい。このため、ストライプ幅による光密度の低減には限界があった。

【0103】

そこで、実施の形態1で提案したように、電極を分割構造にし、出射部近傍での電流密度を増大させることで、さらなる高出力特性の改善が可能となった。

【0104】

ただし、前方端面付近と後方端面付近とで極端にストライプの幅が異なる場合、散乱損失が増大する可能性がある。望ましくは前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比は、

$1 < (\text{前方端面でのストライプの幅}) / (\text{後方端面でのストライプの幅}) < 2$
の範囲であればよい。

【0105】

本実施の形態3ではストライプの幅が前方端面から後方端面に向かって連続的に変化する場合について述べたが、ストライプ形状についてはこれに限定されるものではない。

また、本発明の対象とする半導体レーザは、本実施の形態3に示した層構造に限られるものでなく例えば、ストライプ構造の直下にエッチングストップ層を設けていてもよい。

【0106】

なお、本実施の形態3において、半導体レーザはGaN基板上に形成したが、III-V族窒化物系半導体材料がその上にエピタキシャル成長できる基板、例えば、サファイヤ基板やSiC基板等であってもよい。

【0107】

また、本実施の形態3では、III-V族窒化物系半導体材料からなる半導体レーザについて示したが、他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaN系半導体材料であっても、安定した基本横モードでレーザ発振する高出力半導体が得ることが可能である。

【0108】

特に、AlGaN系半導体材料からなる半導体レーザは、基板面方位が(100)から[0-11]または[011]方向に傾斜したGaAs基板上に形成すれば、結晶の秩序化によるバンドギャップ変動も起こらず、安定した高出力レーザが得られる。

【0109】

また、ここではひとつのレーザ素子にひとつのストライプ構造を形成する半導体レーザについて述べてきたが、ひとつのレーザ素子に複数のストライプが形成されるマルチビーム型の半導体レーザであっても、同様の効果が得られる。

【0110】

更に、基本横モードのみでのレーザ発振を必要としない大出力半導体レーザにおいても、本実施の形態3によるキャリア注入密度を制御する方法を用いることによって利得の飽和が緩和され、より大出力の半導体レーザを実現することができる。

【0111】

このように、本実施の形態3によれば、半導体レーザ素子のストライプ構造のみを一パ状に形成し、出力近傍での導波路幅を増大することにより、出力近傍での光のパワー密度を低減でき、信頼性を向上できる。

【0112】**(実施の形態4)**

この実施の形態4は、実施の形態1による分割電極構造を有する半導体レーザ素子を同一の基板上に複数形成することで、大画面レーザディスプレイに要求される数Wの大出力が得られるようにしたものである。

【0113】

ここでは、レーザディスプレイへの応用を目的としたW(ワット)クラスの出力のレーザ光源について述べる。

100インチクラスの大画面をレーザの照射により実現するには、光源特性として数Wの出力が必要となる。フルカラー出力を得るために赤、青、緑の波長領域のレーザのそれについて数Wクラスのものをそろえる必要がある。しかしながら、単一ストライプ構造の半導体レーザにおいて、Wクラスの出力を得るのは難しい。そこで、マルチストライプ構造の半導体レーザを利用して数W出力を得る構成を提案する。

【0114】

図5は、本発明の実施の形態4による半導体レーザ装置を示すものである。図5において、LD-1ないしLD-nはそれぞれ同一基板上に形成され、レーザ光LB-1ないしLB-nを出射する半導体レーザ素子であり、この図5の例では、ストライプ幅は50μm、ストライプ間隔は300μm、チップ幅12mmで、40チップのストライプが集積化されている。1ストライプあたりの出力は100mW程度で、1チップで4Wの出力が可能である。各ストライプの電極構造は、実施の形態1で示した分割電極構造をとっている。

【0115】

この構造を用いることで各ストライプにおける高出力特性を改善している。分割電極構造を用いることで、高出力時においてもキンクの発生やホールバーニングによる出力の不安定性等が発生せず、安定な出力が得られた。さらに、ディスプレイ応用に必要不可欠なスペックルノイズの低減に必要な高周波重畠が、低電力で印加可能となった。

【0116】

また、実施の形態1で示したように、分割抵抗を利用して電極の一部に高周波を印加することで、比較的少ない高周波電力でコヒーレンスの低減が可能となり、スペックルノイズの低減が行える。特に大出力レーザの場合、全体のレーザに印加する電流量は膨大となり、注入電流全体に高周波を印加することは電力量から考えて不可能である。しかしながら、分割電極にすることで高周波の電力量を大幅に低減できるため、Wクラスの半導体レーザにおいてもスペックルノイズの低減が可能となった。

【0117】

さらに、マルチストライプレーザを利用することでスペクトルの大幅な増大が図れる構成を提案する。

【0118】

マルチストライプの構成において、各ストライプにおける高周波の周波数、電力、電極位置、電極形状、ストライプ幅、等のパラメータの少なくとも何れかを異なる値に設定する。これによって、各ストライプの発生する波長が異なり、レーザ全体の出力を集めた場合にスペクトル全体が大きく広がることになる。この結果、レーザ光のコヒーレンスが大幅に低減し、スペックルノイズを大幅に低減することが可能となった。

【0119】

さらに、マルチストライプレーザにおいて、実施の形態3に示したテーパ形状の半導体レーザを用いることにより高出力化が図れる。テーパ形状にすることで光パワー密度の過度な集中を防止することが可能となり、各ストライプの高出力化が一層図れる。この結果、マルチストライプレーザの高出力化が一層図れる。また各ストライプの高出力化が図ることで、より少ないストライプで同一の出力が得られるため、歩留まりの向上、低コスト化に有効である。

【0120】

このように、本実施の形態4によれば、単一ストライプ構造の半導体レーザを複数、同一基板上に形成したマルチストライプ構造の半導体レーザとして、単一ストライプ構造の半導体レーザでは実現しにくいワットクラスの大出力を得ることができ、半導体レーザをレーザディスプレイの光源として使用することが可能となる。

【0121】

また、それぞれのストライプ構造を分割電極構造とすることにより、安定した出力を得ることができ、高周波の重畠を一部の電極に対してのみ行うことで、低電力の高周波重畠でスペックルノイズの低減が可能となる。

【0122】

また、各ストライプに関するパラメータをストライプ毎に異なる値とすることにより、スペックルノイズを大幅に低減させることが可能となる。

【0123】

さらに、各ストライプをテーパ状にすることで、各ストライプの高出力化を実現することも可能である。

【0124】

(実施の形態5)

この実施の形態5は、本発明の実施の形態1ないし4のいずれかによる半導体レーザ装置を用いたレーザ投射装置の一種であるレーザディスプレイについて述べる。

【0125】

レーザディスプレイはRGB光源と投射光学系からなり、レーザ光源からの光を投射光学系によりスクリーン等へ投射することでフルカラーの映像を投射できる。方式としては、外部のスクリーンや壁などの投射体に映像し反射光を見るタイプと、背面投射型としてスクリーンの背面から光を照射して反射光を見るタイプに分かれる。いずれの場合も、スクリーン等で散乱された光によって色を認識できる。

【0126】

図6は半導体レーザを用いたレーザディスプレイの一例を示す。図において、赤色半導体レーザ201a、青色半導体レーザ201cはそれぞれ高周波電源205a、205cが接続され、発振スペクトルを広げている。赤色、緑色、青色レーザ光源201a、201b、201cからの光はそれぞれビームエキスパンダ202a、202b、202cで拡大されて光インテグレータ203a、203b、203cを通過し、赤色光および青色光についてはミラー215aおよび215cにより光路を90度曲げられた後、フィールドレンズ208a、208b、208c、拡散板206a、206b、206cを介して空間光変調素子207a、207b、207cを照射する。この間、光インテグレータ203a、203b、203cを通過することで空間光変調素子207a、207b、207c上での照度分布を一定にする。空間光変調素子207a、207b、207cでそれぞれ独立に変調された光はダイクロイックプリズム209で合波され、投写レンズ210にて拡大投射されてスクリーン211上に結像される。その際、レーザ光は可干渉性が高いため、スクリーンに投写された像にはスペックルノイズが重畠される。これを防ぐために拡散板206a、206b、206cを拡散板揺動手段213a、213b、213cにて揺動し、スペックルノイズを時間平均することでこれを抑圧する。

【0127】

このようなレーザディスプレイの光源としてコヒーレンスの高いレーザを利用する場合、スクリーンで散乱された光が干渉してスペックルノイズを発生するという問題が発生する。スペックルノイズを低減する有効な方法は、レーザ光のコヒーレンスを低減することである。レーザ光のコヒーレンス低減には、縦モードをマルチモード化するのが有効である。特に縦モードのスペクトル幅を拡大することで、スペックルノイズは大幅に低減できる。本発明の実施の形態5において使用する半導体レーザは、実施の形態1で示したように、分割した電極構造の一部に高周波を重畠することで、スペクトル幅を拡大し、コヒーレンスを低減することが可能となる。スペックルノイズを低減するには、縦モードスペクトルを波長で1nm以上、さらに望ましくは5nm程度以上に拡大することが必要とされる。縦モードスペクトルの拡大には、前述したように、分割した電極構造に高周波重畠を行うことで実現できる。ストライプ幅の大きなワイドストライプのレーザ構造に適用することで、さらにスペクトルの拡大範囲が大きくなる。また異なる電極に異なる周波数の高周波を印加する方法、マルチストライプレーザを用いる方法により、スペクトルのさらなる拡大が可能となる。

【0128】

レーザディスプレイの波長と視感度との関係より、RGB光源の発振波長が重要になる。視感度の影響で、使用する波長と必要な光強度が決まる。また色度の影響で、波長と色再現性の広さが決定される。図7は青色光源の波長と必要な出力との関係を表したものである。赤色の波長を640nm、緑色は532nmに固定したとき、10001mの明るさを実現するための、青色の波長と必要な出力の関係を示している。青色光は波長が430nm以下になると視感度が低下するため、必要パワーが急増する。また460nm以上になると緑色の領域に近づくため、表現可能な色範囲が狭くなると同時にホワイトバランスを実現するための必要パワーが増大する。同時に赤色のパワーも増大する結果となる。

一方、GaN系半導体による青色レーザは通常410nm近傍で高出力レーザが実現されている。この波長を長波長側にシフトさせるにはInの添加量を増大させる必要があるが、Inの添加量を増大させると結晶品質が悪くなり、信頼性、高出力特性が劣化する。GaN系材料を用いた青色レーザでは波長が455nm以下に設定することが望まれる。色再現性の観点からも波長が短い青色光源を用いる方が青色領域において表現できる色の範囲が広がるため、好ましい。以上の観点より、青色レーザの波長領域としては、430nm～455nmが好ましい。さらに好ましくは440～450nmが望まれる。必要パワーの低減による低消費電力化と高い色再現性を実現できる。

【0129】

また、出力高強度としては、80インチ以上の大型の映像を実現するには、出力的には数Wの出力が必要である。この場合、レーザの構造としては、高出力化が可能なワイドストライプレーザ構造、または、アレイ構造が望ましい。高出力かつ信頼性の高い構造を実現するには、ワイドストライプが有効である。レーザディスプレイは回折限界の集光特性を必要としないため、シングルモード性は縦モード、横モードとともに必要とされない。このため、光ディスクや光通信等に利用されている横モードシングルの導波特性を要求しない。高出力化が容易なワイドストライプ構造により、高出力化、歩留まり向上、信頼性向上を実現できる。

【0130】

このように、本実施の形態5によれば、半導体レーザを光源として用いるレーザディスプレイにおいて、分割した電極の一部に高周波を重畠することでスペクトル幅を拡大でき、スペックルノイズを低減できる。

【0131】

また、異なる電極に異なる周波数の高周波を印加したり、マルチストライプレーザとすることで、さらなるスペクトル幅の拡大を実現できる。

【産業上の利用可能性】

【0132】

以上のように、本発明の半導体レーザ装置は分割電極構造を有し、半導体レーザのストライプ方向における光のパワー密度分布によって発生する軸方向ホールバーニングによる横モードの不安定化や利得の低下といった高出力特性の劣化を防止できる。このため、高出力な半導体レーザを必要とする光記録装置、光ディスプレイ装置等の光源として有用である。またその他、レーザ加工、医用等への応用にも有用である。

【図面の簡単な説明】

【0133】

【図1（a）】本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置の、素子の共振器に垂直な方向の断面図

【図1（b）】本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置の、高周波重畠を行う場合の共振器に垂直な方向の断面図

【図1（c）】本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置の、電流変調を行う場合の共振器に垂直な方向の断面図

【図2（a）】本発明の半導体レーザにおける共振器の軸方向光強度分布の一例を示す図

【図2（b）】本発明の半導体レーザの電極に印加する電流の一例（4電極構造の場合）を示す図

【図2（c）】本発明の半導体レーザの電極に印加する電流の一例（3電極構造の場合）を示す図

【図3】本発明の各実施の形態において使用する半導体レーザ装置の一例を示す断面図

【図4】本発明の実施の形態3における半導体レーザ装置の上面図

【図5】本発明の実施の形態4における半導体レーザ装置の上面斜視図

【図6】本発明の実施の形態5におけるレーザ投射装置の構成例を示す図

【図7】半導体レーザの波長と必要な出力との関係を示す図

【図8】従来の半導体レーザの一例を示す模式図

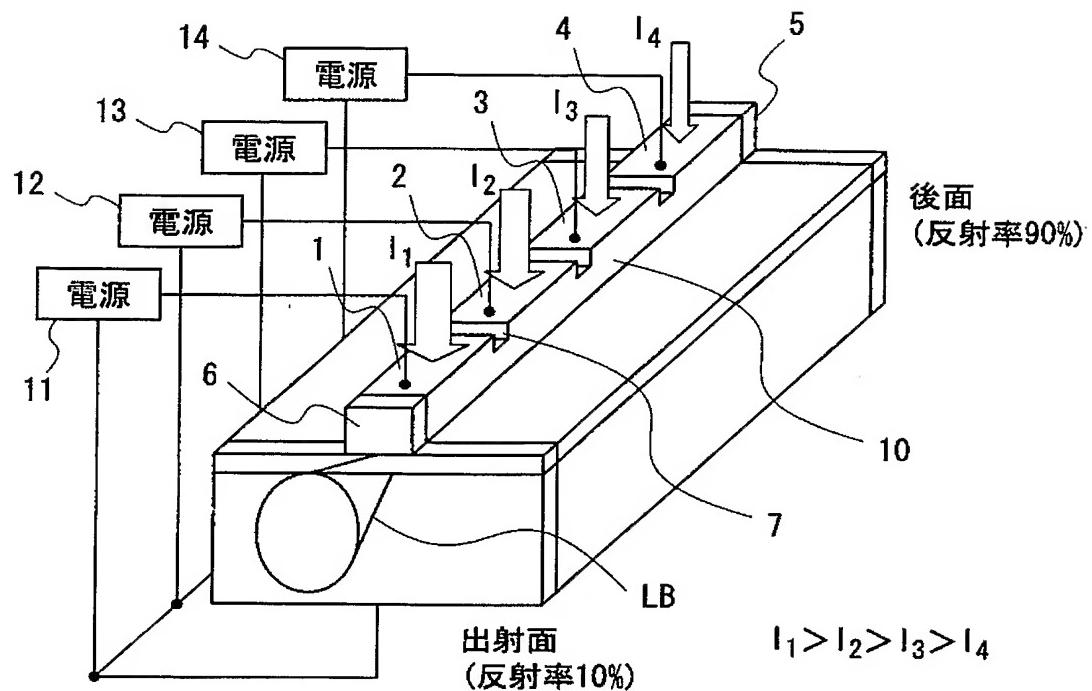
【図9】図8に示した従来の半導体レーザにおける共振器の軸方向光強度分布の一例を示す図

【符号の説明】

【0134】

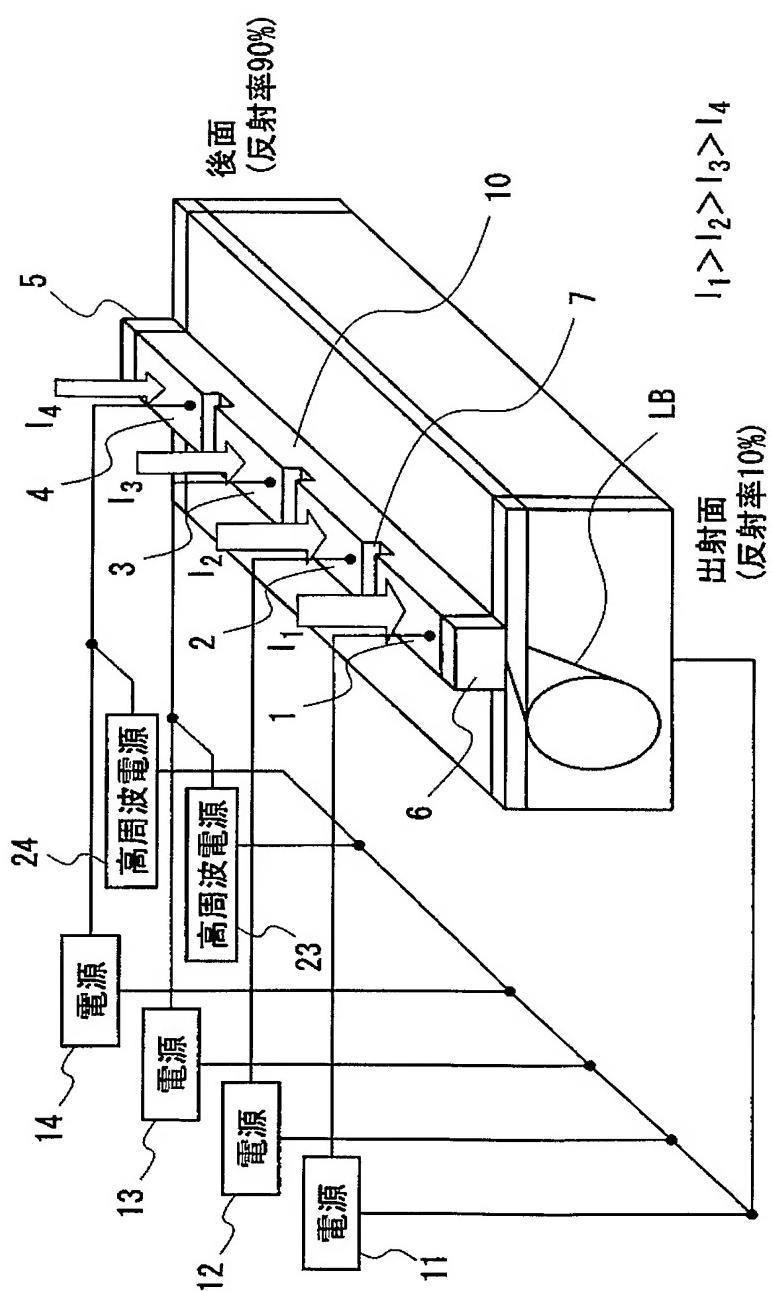
- 1 電極
- 2 電極
- 3 電極
- 4 電極
- 5 後面
- 6 出射面
- 7 分離抵抗部
- 10 ストライプ
- 11 電源
- 12 電源
- 13 電源
- 14 電源
- 23 高周波電源
- 24 高周波電源
- 33 変調器
- 34 変調器
- 101 n型GaN基板
- 102 n型AlGaNクラッド層
- 103 n型GaN光ガイド層
- 104 InGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層
- 105 アンドープGaNキャップ層
- 106 p型GaN光ガイド層
- 107 p型AlGaNクラッド層
- 108 p型GaNコンタクト層
- 109 pメタル層
- 115 p電極
- 116 n電極
- 117 ストライプ部
- 201a 赤色半導体レーザ光源
- 201b 緑色レーザ光源
- 201c 青色半導体レーザ光源
- 202a～202c ビームエキスパンダ
- 203a～203c 光インテグレータ
- 206a～206c 拡散板
- 207a～207c 空間光変調素子
- 208a～208c フィールドレンズ
- 209 ダイクロイックプリズム
- 210 投射レンズ
- 211スクリーン
- 212 集光レンズ
- 213a～213c 拡散板振動手段
- 215a, 215c ミラー
- 225a, 225c 高周波電源
- LD-1～LD-n 半導体レーザ素子

【書類名】 図面
【図1 (a)】

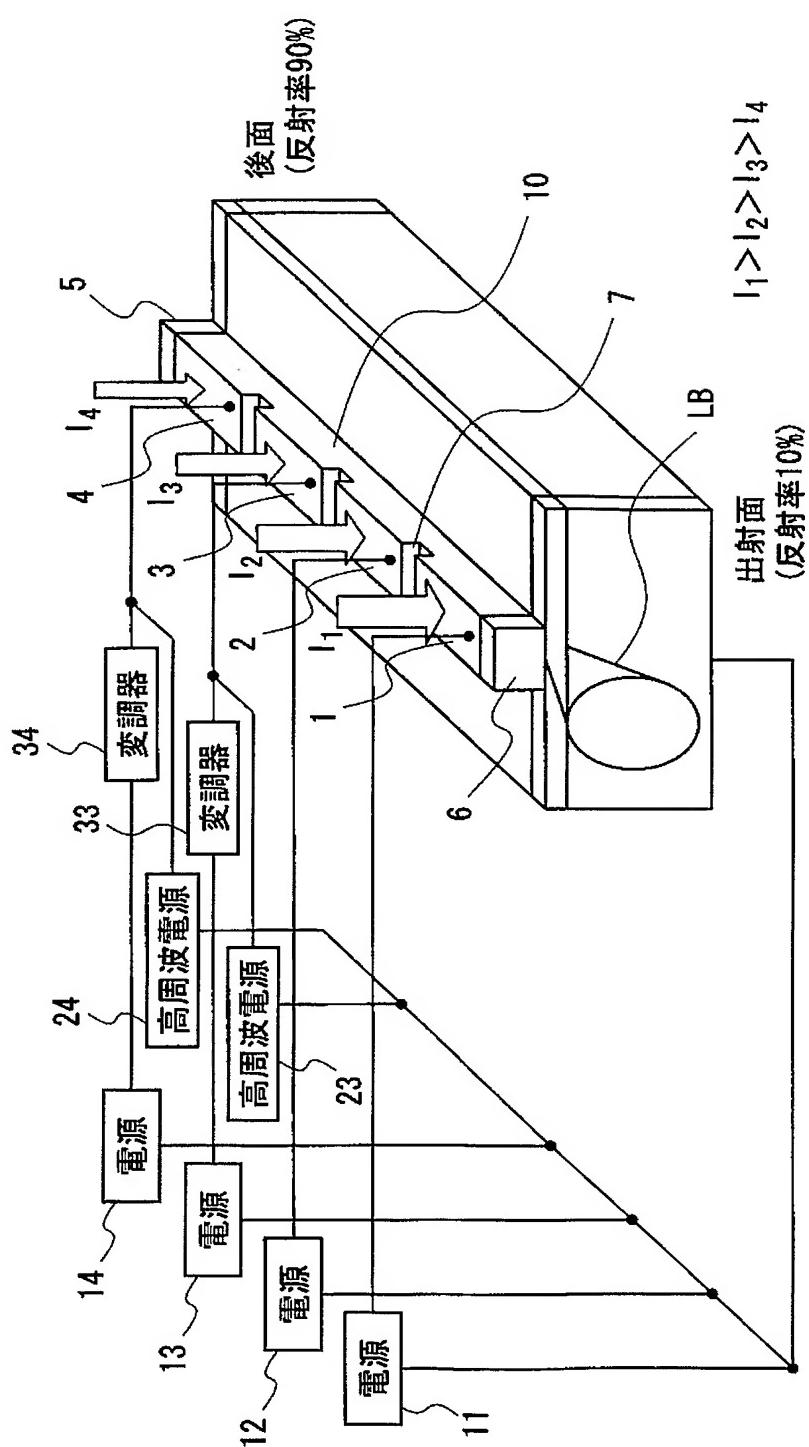


1, 2, 3, 4 : 電極
 5 : 後面
 6 : 出射面
 7 : 分離抵抗部
 10 : ストライプ
 LB : レーザ光

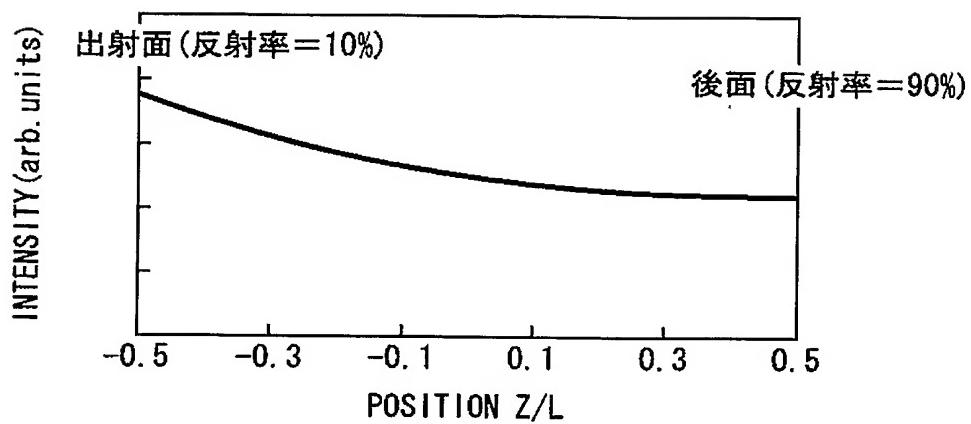
【図1 (b)】



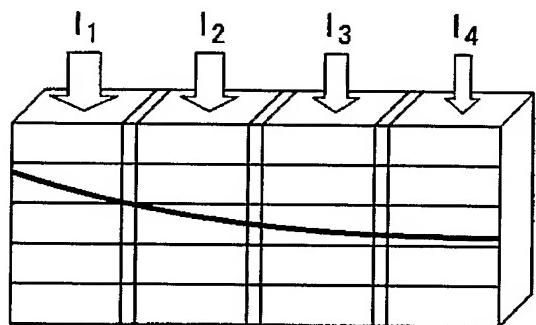
【図1 (c)】



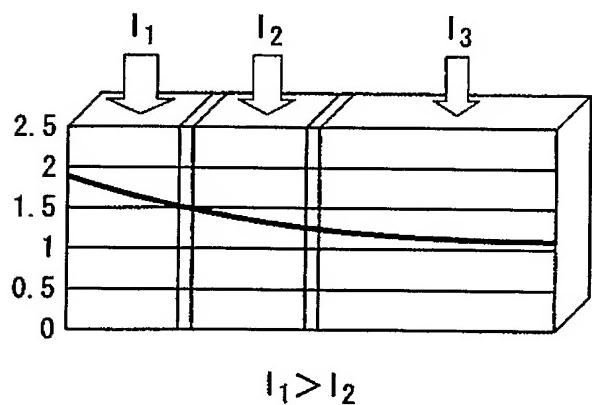
【図2 (a)】



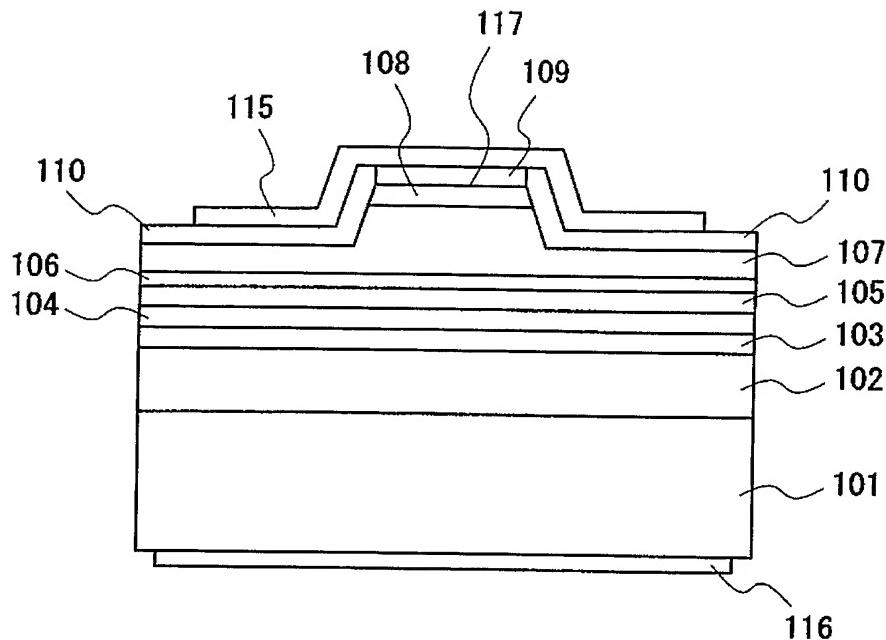
【図2 (b)】



【図2 (c)】

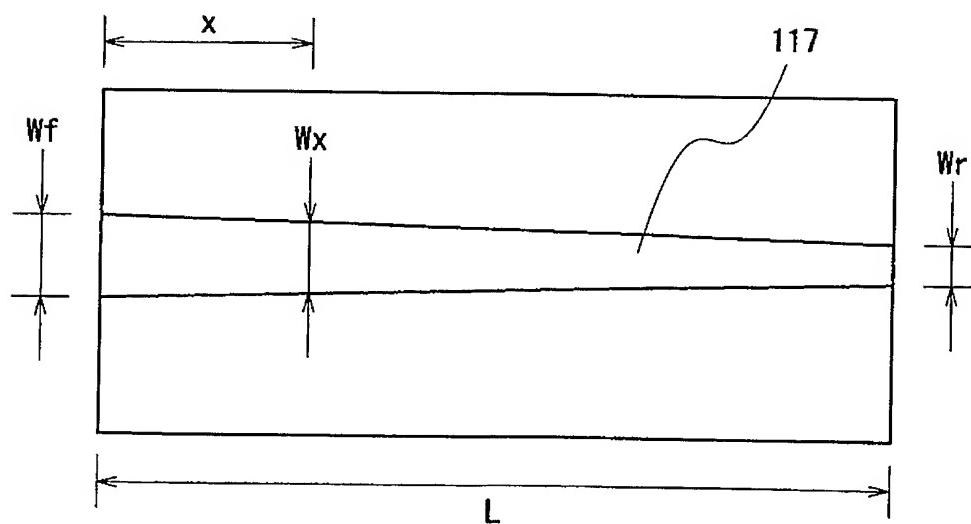


【図3】

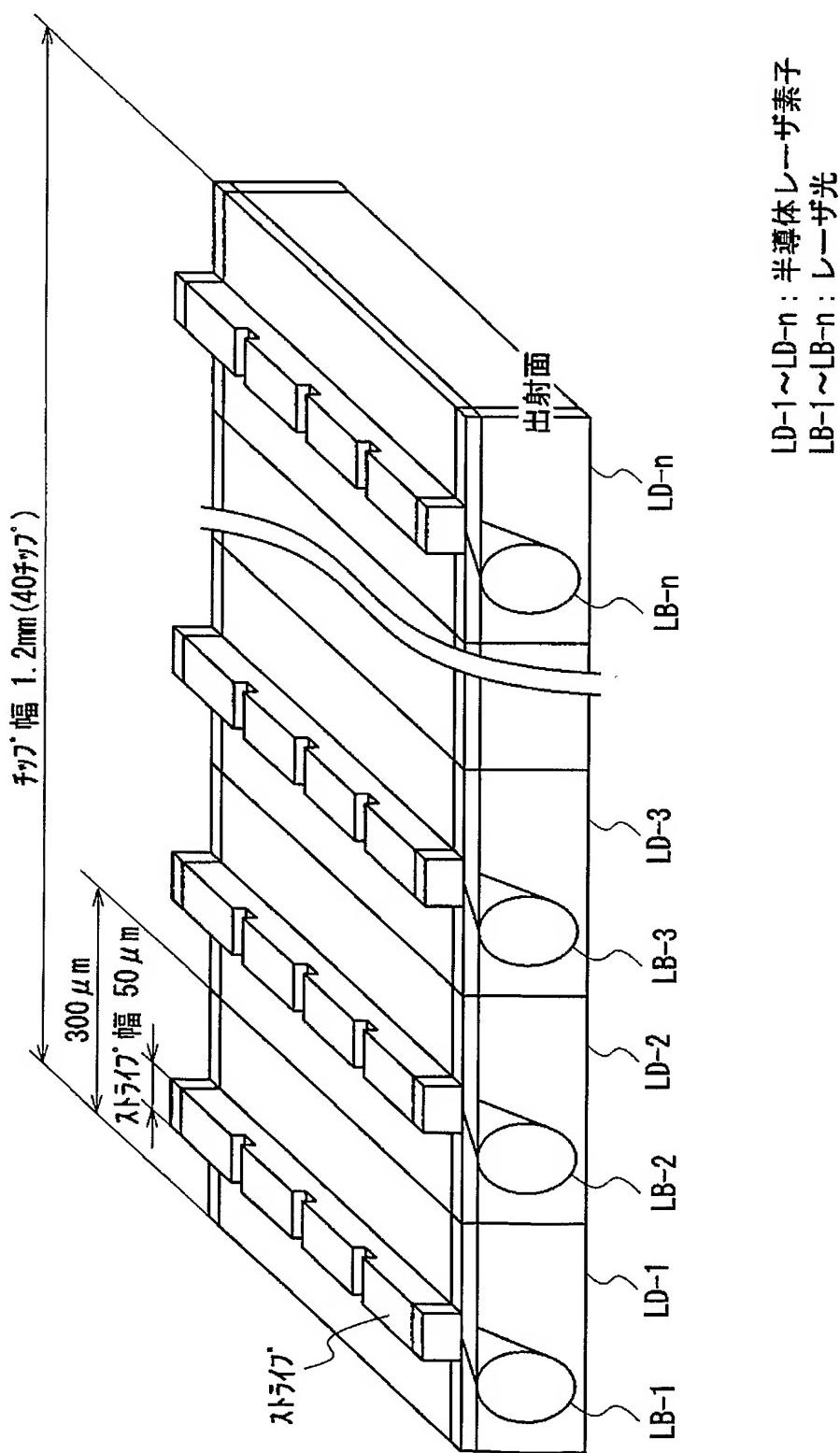


109 : pメタル層
117 : ストライプ構造

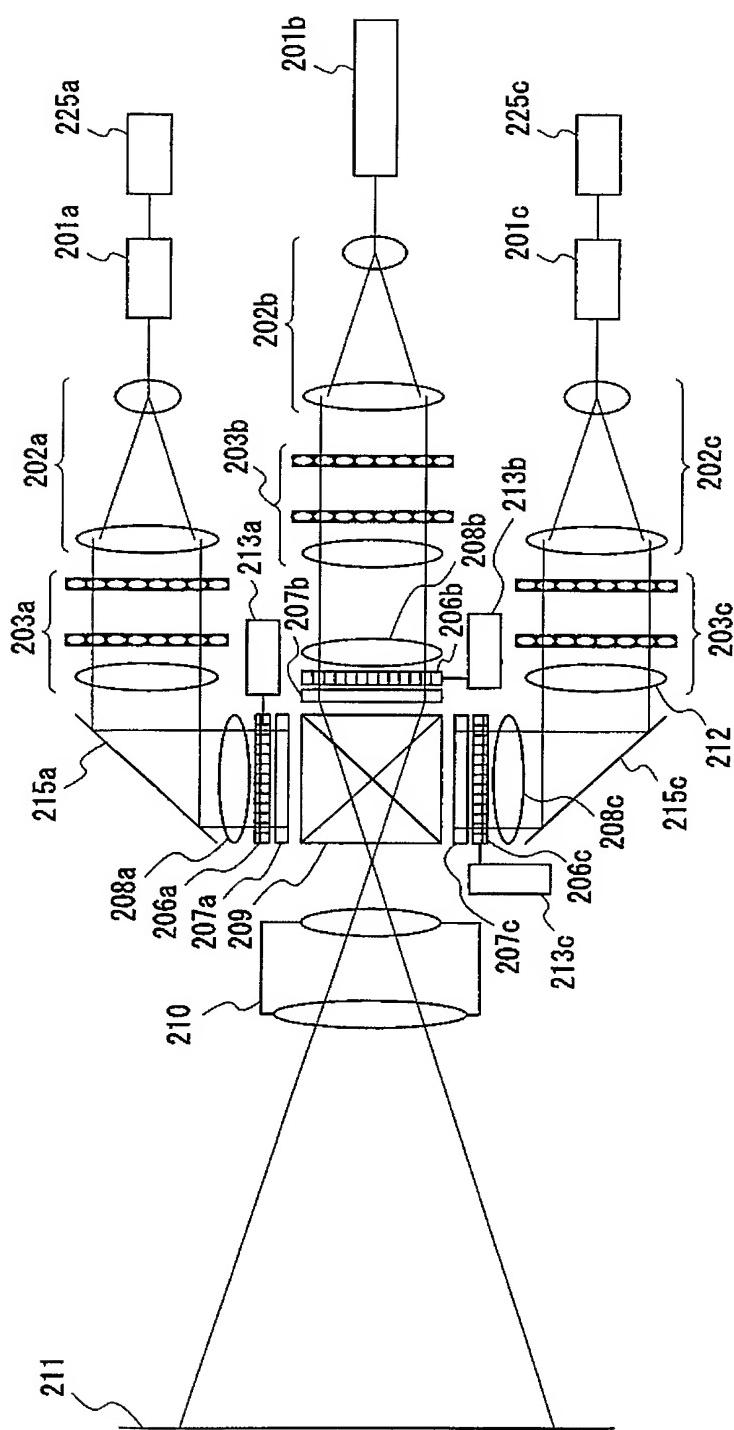
【図4】



【図5】

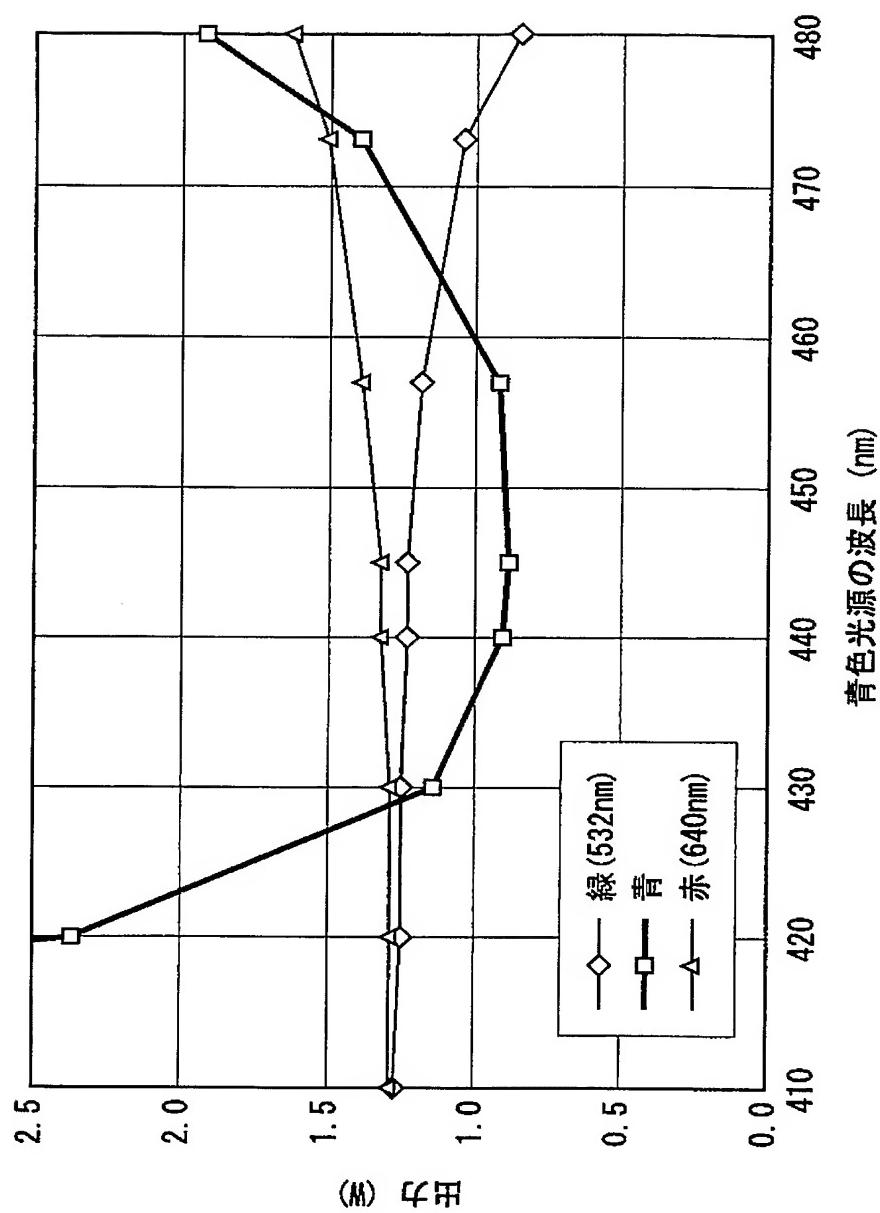


【図6】

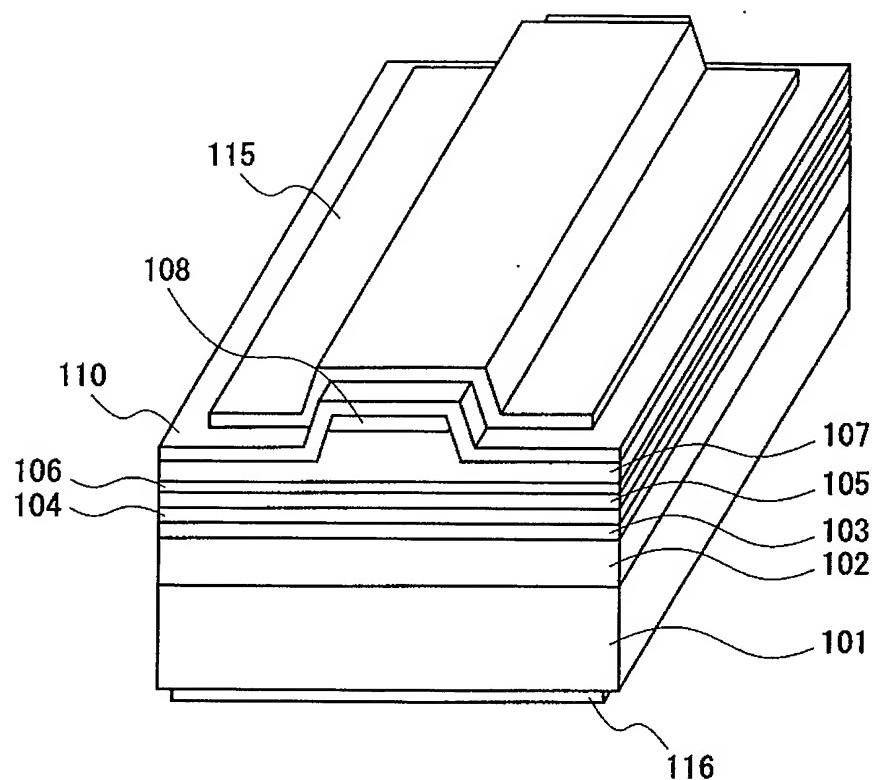


- 201a : 赤色半導体レーザ光源
 201b : 緑色レーザ光源
 201c : 青色半導体レーザ光源
 202a, 202b, 202c : ピームエキスパンダ
 203a, 203b, 203c : 光インテグレータ
 206a, 206b, 206c : 拡散板
 207a, 207b, 207c : 空間光変調素子
 208a, 208b, 208c : フィールドレンズ
 209 : ダイクロイックプリズム
 210 : 接写レンズ
 211 : スクリーン
 212 : 集光レンズ
 213a, 213b, 213c : 拡散板振動手段
 215a, 215c : ミラー
 225a, 225c : 高周波電源

【図7】

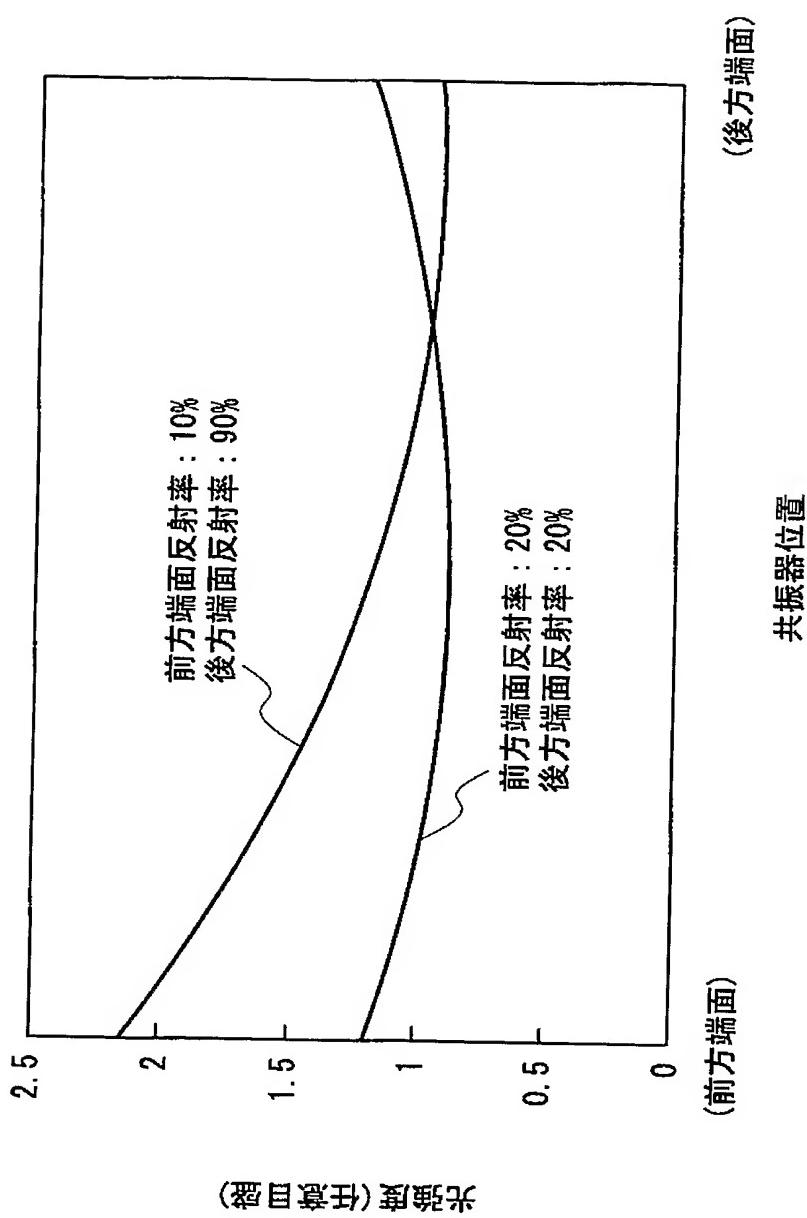


【図8】



- 101 : n型GaN基板
- 102 : n型AlGaNクラッド層
- 103 : n型GaN光ガイド層
- 104 : IGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層
- 105 : アンドープGaNキャップ層
- 106 : p型GaN光ガイド層
- 107 : p型AlGaNクラッド層
- 108 : p型GaNコンタクト層
- 110 : 絶縁層
- 115 : p電極

【図9】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】非対称な端面反射率を有する高出力半導体レーザにおいて、空間的ホールバーニングによる横モードの不安定化や利得の低下による高出力特性の劣化を防止する必要がある。

【解決手段】端面反射率の異なる半導体レーザにおいて、ストライプ10上に形成する電極を、互いに分割した電極1, 2, 3, 4とする構成をとり、注入する電流を出射面6近傍に向けて大きくすることで、ストライプ内の光強度分布に合わせてキャリア密度分布を形成できる構造となる。

【選択図】 図1 (a)

特願 2003-425600

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏名 松下電器産業株式会社